

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
26. September 2002 (26.09.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/075119 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F01K 7/40**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP02/02023**

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. Februar 2002 (25.02.2002)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:
01106600.8 15. März 2001 (15.03.2001) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

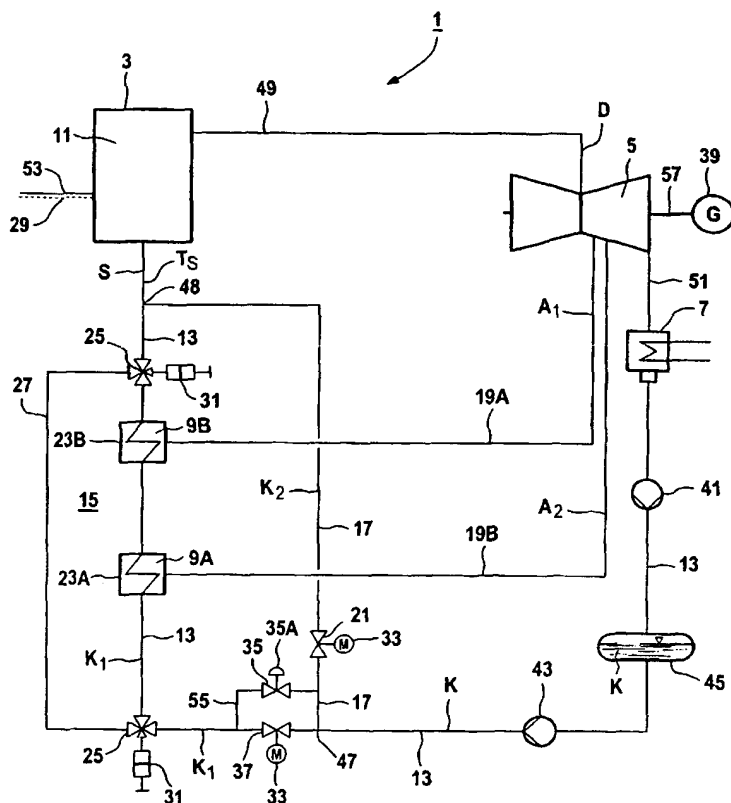
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ABEL, Tilman**
[DE/DE]; Freystädter Str. 121 a, 90475 Nürnberg (DE).
BLANCK, Dieter [DE/DE]; Cosimastr. 6, 91056 Erlangen
(DE). **HABERBERGER, Georg** [DE/DE]; Bussardstr.
46, 91088 Bubenreuth (DE). **RIEBECK, Imke** [DE/DE];
Enggleis 4 a, 91058 Erlangen (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A STEAM POWER INSTALLATION AND CORRESPONDING STEAM POWER IN-
STALLATION

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER DAMPFKRAFTANLAGE SOWIE DAMPFKRAFTANLAGE



(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a steam power installation (1), whereby steam (D) produced in a boiler (3) is condensed in a condenser (7) after passing through at least one turbine (5), and the condensate (K) obtained is preheated and redirected back to the boiler (3) as boiler feed-water (S). In order to pre-heat the condensate, said condensate (K) is split into a first partial current (K1) and a second partial current (K2). Only the first partial current (K1) is pre-heated and the second partial current (K2) is then mixed with the pre-heated first partial current (K1). The power of the turbine (5) can thus be increased as required, up to the boiler reserve of the steam power plant (1).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Dampfkraftanlage (1), wobei in einem Kessel (3) erzeugter Dampf (D) nach dem Durchströmen wenigstens einer Turbine (5) in einem Kondensator (7) niedergeschlagen wird, das gewonnene Kondensat (K) vorgewärmt und dem Kessel (3) als Kesselspeisewasser (S) wieder zugeführt wird. Zur Kondensatvorwärmung wird das Kondensat (K) in einen ersten Teilstrom (K1) und einen zweiten Teilstrom (K2) aufgeteilt. Es wird lediglich der erste Teilstrom (K1) vorgewärmt und der zweite Teilstrom (K2) dem vorgewärmten ersten

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/075119 A1



(81) **Bestimmungsstaaten** (*national*): AU, BR, CA, CN, ID, IN, JP, KR, MX, US.

(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten AU, BR, CA, CN, ID, IN, JP, KR, MX, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR)

— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht
— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

Verfahren zum Betrieb einer Dampfkraftanlage sowie Dampfkraftanlage

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb einer Dampfkraftanlage, wobei in einem Kessel erzeugter Dampf nach dem Durchströmen wenigstens einer Turbine in einem Kondensator niedergeschlagen wird, das gewonnene Kondensat vorgewärmt und dem Kessel als Speisewasser wieder zugeführt wird. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Dampfkraftanlage zur Durchführung des Verfahrens.

10

Eine Dampfkraftanlage wird üblicherweise zur Erzeugung elektrischer Energie oder auch zum Antrieb einer Arbeitsmaschine eingesetzt. Dabei wird ein in einem Verdampferkreislauf der Dampfkraftanlage geführtes Arbeitsmedium, üblicherweise ein Wasser-Wasser/Dampfgemisch, in einem Verdampfer oder Dampferzeuger (Kessel) verdampft. Der dabei erzeugte Dampf entspannt sich arbeitsleistend in einer Dampfturbine und wird anschließend einem Kondensator zugeführt. Das im Kondensator kondensierte Arbeitsmedium wird dann über eine Pumpe erneut dem Kessel zur Dampferzeugung zugeführt.

15

20

Bei einem derartigen allgemein bekannten Dampfkraftwerk wird mittels Teildampf-Massenströmen aus der Turbinendampfmenge das als Speisewasser eingesetzte Kondensat sukzessive bis nahe der Siedetemperatur vorgewärmt, wodurch der thermodynamische Wirkungsgrad des gesamten Prozesses steigt. Durch die Dampfantnahme aus der Turbinendampfmenge können die nachfolgenden Dampfturbinenstufen allerdings dem Dampffluid weniger Leistung entnehmen.

30

Aus der EP-A2-1 055 801 ist ein Verfahren zum Betrieb eines Dampfkraftwerkes bekannt, bei dem mittels Teildampf-Massenströmen aus der Turbinendampfmenge das als Speisewasser eingesetzte Kondensat bis nahe der Siedetemperatur vorgewärmt

35

wird. Zur Vermeidung des Absinkens der Leistungsentnahme bei den nachfolgenden Dampfturbinenstufen ist vorgesehen, dass zur Vorwärmung des Kondensats die Abwärme aus Brennstoffzellen verwendet wird. Durch die Vorwärmung des Speisewassers aus der Abwärme der Brennstoffzellen und der damit verbundenen Erhöhung der an der Expansion teilnehmenden Menge, wird eine Steigerung des Dampfprozesswirkungsgrades erreicht. Durch die in die Vorwärmstrecke der EP-A2-1 055 801 eingebundene Brennstoffzellenanordnung ist eine konstruktiv und kostenmäßig relativ aufwendige Vorwärmung durch die externe Wärmezufuhr über die Brennstoffzellen erzielt.

Aufgabe der Erfindung ist es ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, bei der eine Vorwärmung des dem Kessel zuzuführenden Kesselspeisewassers bei gleichzeitiger Leistungserhöhung der Turbine erzielbar ist. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine Dampfkraftanlage anzugeben, mit der ein derartiges Betriebsverfahren durchführbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Betrieb einer Dampfkraftanlage gelöst, wobei in einem Kessel erzeugter Dampf nach dem Durchströmen wenigstens einer Turbine in einem Kondensator niedergeschlagen wird, das gewonnene Kondensat vorgewärmt und dem Kessel als Kesselspeisewasser wieder zugeführt wird, wobei zur Kondensatvorwärmung das Kondensat in einen ersten Teilstrom und einen zweiten Teilstrom aufgeteilt, lediglich der erste Teilstrom vorgewärmt, und der zweite Teilstrom dem vorgewärmten ersten Teilstrom wieder zugemischt wird.

30

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass zur Leistungserhöhung einer in eine Dampfkraftanlage geschalteten Turbine der Dampfmassenstrom durch die Turbine einerseits und andererseits die Vorwärmtemperatur des dem Kessel zugeführten Kesselspeisewassers zu berücksichtigen ist. Beide Prozessgrößen sind miteinander gekoppelt durch die üblicherweise in Dampfkraftanlagen durchgeführte Anzapfung der Turbine, wobei

ein Teildampf-Massenstrom zur Vorwärmung des gewonnenen Kondensats dem Dampfturbinenprozess entnommen wird. Diese Dampfen-
entnahme geht auf Kosten der Leistung der Turbine, insbesondere auf den Gesamtwirkungsgrad der Dampfkraftanlage. Das im
5 Kondensator gewonnene Kondensat wird in den bekannten Anlagen vollständig mittels Anzapfdampf vorgewärmt, und dabei auf eine möglichst hohe Temperatur nahe der Siedetemperatur vorgewärmt, bevor es als Kesselspeisewasser dem Kessel zugeführt wird. Durch diese starre Kopplung der Kondensatvorwärmung mit
10 der Dampfenentnahme ist die Leistung der Turbine bei konstantem Frischdampfdruck festgelegt.

Mit der Erfindung wird nun ein völlig anderer Weg aufgezeigt, mit dem im Bedarfsfall eine Leistungserhöhung der Turbine einer Dampfkraftanlage erreicht wird, in dem die Vorwärmtemperatur je nach Bedarf durch Mischung von Teilströmen von Kondensat flexibel eingestellt wird. Dazu wird der Kondensatstrom in einen ersten Teilstrom und einen zweiten Teilstrom aufgeteilt, wobei lediglich der erste Teilstrom vorgewärmt,
15 und der zweite Teilstrom dem vorgewärmten ersten Teilstrom wieder zugemischt wird. Der Begriff Teilstrom ist hier als echter Teilstrom des in dem Kondensator niedergeschlagenen Kondensats aufzufassen. Durch die Mischung des ersten, vorgewärmten Kondensatstroms mit dem zweiten, nicht vorgewärmten
20 Kondensatstrom ist gegenüber einer Vorwärmung des gesamten Kondensats eine Mischungstemperatur erzielbar, die kleiner ist als die Temperatur des vorgewärmten ersten Teilstroms von Kondensats vor der Mischung mit dem zweiten Teilstrom. Durch
25 Einstellung der Teilströme ist die Mischungstemperatur vorteilhafterweise flexibel einstellbar.
30

Von besonderem Vorteil ist die Tatsache, dass durch Vorwärmung lediglich eines Teilstroms eine geringere Wärmemenge zur Vorwärmung des ersten Teilstroms gegenüber der Vorwärmung des
35 gesamten Kondensats in den bekannten Anlagen benötigt wird. Somit steht zur Leistungserhöhung der Turbine Prozesswärme in Form eines höheren Dampf-Massenstromes durch die Turbine zur

Verfügung. Mit dem Verfahren wird erstmals die Möglichkeit der bedarfsweisen, erforderlichenfalls häufigen Leistungserhöhung der Turbine bis zur Kesselreserve (nicht Sekundenreserve) einer Dampfkraftanlage durch teilweise und gezielte
5 Umföhrung des zweiten Teilstroms von Kondensat von der Vorwärmung, ohne den Frischdampfdruck über den Auslegungswert anheben zu müssen.

Vorteilhafterweise ist je nach Leistungsbedarf der erste
10 Teilstrom und der zweite Teilstrom bei der Aufteilung flexibel einstellbar, wodurch entsprechend mehr oder weniger Prozessdampf in der Turbine zur Verrichtung von Arbeit verfügbar ist.

15 Von weiterem Vorteil ist die Tatsache, dass mit der vorgestellten Lösung es erstmals möglich wird, durch eine Teildurchströmung der Vorwärmstrecke eine Leistungserhöhung zu erreichen, ohne dass die Lebensdauer der Komponenten, insbesondere der Vorwärmeinrichtungen der Dampfturbinenanlage,
20 eingeschränkt wird. Dabei stellt sich insbesondere ein deutlich effizienterer Wärmeverbrauch ein als bei einer Totalumföhrung der Vorwärmstrecke, bei der zumindest zeitweise überhaupt kein Kondensat vorgewärmt wird, d.h. der erste Teilstrom 0 beträgt. Dies ist beispielsweise für Hochdruckvorwärmer oder ähnliches von Bedeutung.
25

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung wird der erste Teilstrom mit Anzapfdampf aus der Turbine vorgewärmt. Durch die Vorwärmung lediglich des ersten Teilstroms mit Anzapfdampf aus der Turbine ist sichergestellt, dass nur eine gegenüber der herkömmlichen Anzapfung entsprechend geringere
30 Menge an Anzapfdampf zur Vorwärmung benötigt wird. Somit steht mehr Prozessdampf in der Dampfturbine unmittelbar zur Leistungserhöhung der Turbine zur Verfügung. Vorteilhafterweise korreliert dabei der Kondensat-Massenstrom des ersten Teilstroms mit dem Anzapfdampf-Massenstrom direkt, sodass je
35 größer der erste Teilstrom ist desto größer die Menge an be-

nötigtem Anzapfdampf, um eine Vorwärmung des ersten Teilstroms auf eine gewünschte Temperatur zu erzielen. Durch geeignete Kopplung des Anzapf-Dampfstroms mit dem ersten Teilstrom stellt sich der Bedarf an Anzapfdampf von selbst ein.

5 Durch diesen Selbstregelungseffekt ist das Verfahren besonders kostengünstig und flexibel zum Betrieb der Dampfkraftanlage, insbesondere zur Leistungserhöhung der Turbine, angepasst.

10 In einer bevorzugten Ausgestaltung wird der erste Teilstrom in mindestens zwei Stufen vorgewärmt. Durch die Vorwärmung des ersten Teilstroms von Kondensat in mehreren Stufen ist eine gewünschte Temperatur des ersten Teilstroms nach der Vorwärmung genau einstellbar. Je nach Bedarf können alle Vorwärmstufen oder nur ein Teil der Vorwärmstufen zur Vorwärmung
15 des ersten Teilstroms vorgesehen sein. Auf diese Weise ergibt sich vorteilhafterweise die Möglichkeit einzelne Stufen der Vorwärmung auszulasten und dadurch weitere Prozesswärme für den Turbinenprozess verfügbar zu haben. Die präzise Einstellung einer gewünschten Temperatur des ersten Teilstroms nach
20 der Vorwärmung und vor der Mischung mit dem zweiten Teilstrom ermöglicht zudem eine genaue Einstellung der Mischungstemperatur bei der Mischung der Teilströme, so dass die Vorwärmtemperatur des Kesselspeisewassers entsprechend genau einstellbar ist. In einer alternativen Ausgestaltung ist die
25 Vorwärmung des ersten Teilstrangs auch in nur einer Stufe, insbesondere in genau einer Stufe möglich.

Bevorzugt wird bei der Mischung der Teilströme eine Vorwärmtemperatur des Kesselspeisewassers von 210 °C bis 250 °C,
30 insbesondere von 220 °C bis 240 °C, eingestellt. Der Druck des Kesselspeisewassers beträgt dabei typischerweise etwa 300 bar. Gegenüber der Temperatur des vorgewärmten ersten Teilstroms ist durch die Mischung mit dem zweiten, nicht vorgewärmten Teilstrom die Vorwärmtemperatur des Kesselspeisewassers
35 etwa um 30 °C bis 70 °C abgesenkt.

In einer bevorzugten Ausgestaltung werden der erste Teilstrom und der zweite Teilstrom im Verhältnis 0,4 bis 0,8, insbesondere im Verhältnis 0,6 bis 0,7 aufgeteilt. Beispielsweise wird in einem typischen Betriebsmodus der Dampfkraftanlage gemäß dem Verfahren der Erfindung das in dem Kondensator ge-
5 gewonnene Kondensat derart aufgeteilt, dass der erste Teilstrom von Kondensat etwa 60 % und der zweite Teilstrom von Kondensat etwa 40 % beträgt. Der erste Teilstrom wird dabei von einer Temperatur von ca. 200 °C auf eine Temperatur von etwa
10 280 °C vorgewärmt, während der zweite Teilstrom nicht vorgewärmt und mithin auf einer Temperatur von 200 °C bis vor der Mischung mit dem ersten Teilstrom verbleibt. Der Druck der Kondensatströme bleibt dabei weitgehend unverändert bei etwa 300 bar.

15 Vorteilhafterweise ist durch die dosierte Umführung des zweiten Teilstroms um die Vorwärmstrecke und die Mischung der beiden Teilströme nach der Vorwärmung des ersten Teilstroms die Vorwärmtemperatur des dem Kessel zuzuführenden Speisewassers bedarfsweise einstellbar. Hierbei wird bevorzugt die
20 Aufteilung der Teilströme gesteuert oder geregelt durchgeführt.

Weiter bevorzugt wird nach der Mischung der Teilströme das
25 Gemisch als Kesselspeisewasser einem fossil befeuerten Dampferzeuger zugeführt. Das Verfahren der Erfindung ist insbesondere für die Anwendung in Dampfkraftanlagen vorgesehen, die einen Kessel aufweisen, der mit einem fossilen Brennstoff, beispielsweise Kohle oder Öl, befeuert ist.

30 Die auf eine Dampfkraftanlage gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Dampfkraftanlage zur Durchführung des oben beschriebenen Verfahrens, umfassend einen Kessel zur Erzeugung von Dampf, wenigstens eine Turbine, einen
35 der Turbine abdampfseitig nachgeschalteten Kondensator, eine Kondensatleitung zur Rückführung des Kondensats zum Kessel und eine in die Kondensatleitung geschaltete Vorwärmanrich-

tung zum Vorwärmen von Kondensat, wobei eine die Vorwärmeinrichtung umführende Bypassleitung vorgesehen ist, so dass die Vorwärmeinrichtung lediglich mit einem ersten Teilstrom des Kondensats beaufschlagbar ist.

5

Durch das Vorsehen einer Bypassleitung, die die Vorwärmeinrichtung umführt, ist sichergestellt, dass die Vorwärmeinrichtung lediglich mit dem ersten Teilstrom von Kondensat beaufschlagt ist, während ein zweiter Teilstrom die Bypassleitung ohne Vorwärmung durchströmt. Unter Bypassleitung wird hierbei verstanden, dass diese parallel zu der Vorwärmeinrichtung geführt ist, wobei die Bypassleitung stromaufwärts von der Vorwärmeinrichtung von der Kondensatleitung abzweigt und stromab von der Vorwärmeinrichtung wieder an die Kondensatleitung angeschlossen ist. Stromaufwärts der Vorwärmeinrichtung ist hierzu eine Abzweigstelle vorgesehen, während stromabwärts der Vorwärmeinrichtung eine Mischstelle angeordnet ist. Das Kondensat aus dem Kondensator ist an der Zweigstelle in den ersten Teilstrom und einen dazu bezogen auf den Gesamt-Kondensatstrom komplementären zweiten Teilstrom aufteilbar. Der erste Kondensatstrom ist bezogen auf die Strömungsrichtung des Kondensats nach der Zweigstelle in der Kondensatleitung geführt, in welche die Vorwärmeinrichtung zur Vorwärmung des ersten Kondensatstroms geschaltet ist. Der zweite Kondensatstrom und der vorgewärmte erste Kondensatstrom sind an der Mischstelle, d.h. an der stromabwärtig angeordneten Anschlussstelle der Bypassleitung an die Kondensatleitung, mischbar, wobei eine Mischungstemperatur je nach Massenstrom des ersten und des zweiten Teilstroms von Kondensat sowie je nach Wärmeaufnahme des ersten Kondensatstroms in der Vorwärmeinrichtung einstellbar.

35

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung ist die Vorwärmeinrichtung über eine Anzapfleitung mit der Turbine verbunden. Dadurch ist eine direkte Kopplung von Anzapfdampf als Vorwärmmedium im Wärmetausch mit dem ersten Teilstrom von Kondensat in der Vorwärmeinrichtung der Dampfkraftanlage er-

reicht. Die zur Vorwärmung benötigte Wärmeenergie ist über den Anzapfdampf-Massenstrom direkt einstellbar, wobei der Anzapfdampf-Massenstrom sich selbstregulierend von der Größe des Massenstroms des ersten Teilstroms abhängt. Je größer der erste Teilstrom desto größer der Wärmebedarf in der Vorwärm-
5 einrichtung und damit auch die Menge von Anzapfdampf, welcher der Turbine entnommen wird.

Vorzugsweise weist die Bypassleitung ein Regelventil zur Regelung eines die Vorwärmeinrichtung umführenden zweiten Teilstroms des Kondensats auf. Das Regelventil dient zur Regelung oder auch zu einer Voreinstellung des zweiten Teilstroms, welche nicht die Vorwärmeinrichtung durchströmt und daher nicht zu einer Entnahme von Anzapfdampf führt. Über das Regelventil in der Bypassleitung ist der zweite Teilstrom präzise einstellbar und daher auch die Wärmemenge die zur Vorwärmung des zum ersten Teilstroms komplementären zweiten Teilstroms in der Vorwärmeinrichtung benötigt wird. Weiterhin ist vorteilhafterweise die Mischungstemperatur die sich bei
10 der Mischung der Teilströme an der Mischstelle in der Kondensatleitung einstellt mit dem Regelventil regelbar. Dadurch ist je nach dem Bedarf um den die Leistung der Dampfturbine zu erhöhen ist, die Menge des zweiten, die Vorwärmeinrichtung umführenden Teilstroms in der Bypassleitung einstellbar, insbesondere in einem entsprechenden Regelkreis regelbar.
15
20
25

Bevorzugt mündet die Bypassleitung stromab der Vorwärmeinrichtung in die Kondensatleitung. Die Einmündung ist dabei zugleich die Mischstelle, an der der erste Teilstrom mit dem zweiten Teilstrom gemischt wird, wobei nach der Mischung sich eine gewünschte Vorwärmtemperatur des dem Kessel zuzuführenden Kesselspeisewassers von selbst einstellt.
30

Bevorzugt weist die Vorwärmeinrichtung mindestens einen Wärmetauscher, insbesondere einen Hochdruck-Vorwärmer auf. Es können auch mehrere Wärmetauscher hintereinander geschaltet sein und dadurch eine mehrstufige Erwärmung des ersten Teil-
35

stroms von Kondensat ermöglichen. Bei Ausgestaltung des Wärmetauschers als ein Hochdruck-Vorwärmer einer Dampfkraftanlage ist der Vorwärmer mit Kondensat mit einem Druck von etwa 300 bar beaufschlagt und einer Hochdruck-Stufe der Turbine zugeordnet. Die Turbine kann aber auch, wie üblicherweise in Dampfkraftanlagen vorgesehen, eine Hochdruck-Teilturbine und/oder eine Mitteldruck-Teilturbine und/oder eine Niederdruck-Teilturbine aufweisen.

Das Anlagenkonzept der Erfindung kann demzufolge sehr flexibel auf unterschiedliche Dampfkraftanlagen angewendet werden, die eine Kombination unterschiedlicher Turbinentypen (Hochdruck-, Mitteldruck-, Niederdruckturbinen) mit entsprechenden Vorwärmeinrichtungen umfassen.

Bevorzugt ist parallel zu der Vorwärmeinrichtung eine über eine Schnellschlussarmatur aktivierbare Umführungsleitung geschaltet. Diese Umführungsleitung ist im Schnellschlussfall, beispielsweise in einer Notsituation bei Gefahr der Überflutung oder Überhitzung der Vorwärmeinrichtung, zur totalen Umführung der Vorwärmeinrichtung mit Kondensat vorgesehen. Im Schnellschlussfall ist über die Schnellschlussarmatur die Umführungsleitung aktivierbar, d.h. freischaltbar, wobei zugleich der Strom an Kondensat in der Kondensatleitung zu der Vorwärmeinrichtung unterbrochen wird. Die Schnellschlussarmatur ist hierzu beispielsweise als Dreiwege-Armatur ausgestaltet, die zumindest den ersten Teilstrom an Kondensat nach der Aktivierung über die Umführungsleitung führt, so dass keine Vorwärmung von Kondensat in der Vorwärmeinrichtung mehr stattfindet. Im Normalfall ist die Umführungsleitung nicht aktiviert, so dass der erste Teilstrom über die Kondensatleitung der Vorwärmeinrichtung zugestellt wird. Vorteilhafterweise ist mit der über die Schnellschlussarmatur aktivierbaren Umführungsleitung eine erhöhte Betriebssicherheit der Dampfkraftanlage, insbesondere in Kombination mit der Bypassleitung gemäß der Erfindung gegeben.

Weitere Vorteile der Dampfkraftanlage ergeben sich in analoger Weise zu den Vorteilen des oben beschriebenen Betriebsverfahrens der Dampfkraftanlage.

- 5 Anhand eines Ausführungsbeispiels und einer schematischen Zeichnung wird das erfindungsgemäße Verfahren und eine Dampfkraftanlage zur Durchführung des Verfahrens beschrieben. Darin zeigt die einzige Figur in vereinfachter Darstellung eine Dampfkraftanlage. Die in der Figur dargestellte Dampfkraftanlage 1, die Teil einer Kraftwerksanlage ist, weist eine Dampfturbine 5 sowie einen Kessel 3 zur Erzeugung von Dampf D auf. Der Turbine 5 ist abdampfseitig ein Kondensator 7 über eine Abdampfleitung 51 nachgeschaltet. Zur Rückführung von Kondensat K zum Kessel 3 weist die Dampfkraftanlage 1 eine Kondensatleitung 13 auf, die mit dem Kondensator 7 ausgangseitig verbunden ist. In die Kondensatleitung 13 ist in Strömungsrichtung des Kondensats aufeinanderfolgend eine erste Pumpe 41, ein Speisewasserbehälter 45 und eine zweite Pumpe 43 geschaltet. Weiterhin ist in die Kondensatleitung 13 eine Vorwärmanrichtung 15 zum Vorwärmen von Kondensat K geschaltet. Die Vorwärmanrichtung 15 ist hierbei in Strömungsrichtung des Kondensats K dem Kessel 3 vorgeordnet. Die Vorwärmanrichtung umfasst eine erste Vorwärmstufe 9A sowie eine der ersten Vorwärmstufe nachgeschaltete zweite Vorwärmstufe 9B. Die Vorwärmstufen 9A, 9B sind hierbei als jeweilige Wärmetauscher 23A, 23B ausgestaltet. Der Kessel 3 weist einen fossil befeuerten Dampferzeuger 11 auf, welcher eine Brennstoffzufuhr 53 zur Zufuhr eines fossilen Brennstoffs 29, beispielsweise Kohle oder Öl, umfasst. Eine Anzapfleitung 19A führt von einer Stufe der Dampfturbine 5 zu dem Wärmetauscher 23B. Eine Anzapfleitung 19B führt von einer weiteren Stufe der Turbine 5 zu dem Wärmetauscher 23A. Über die Anzapfleitungen 19A, 19B ist eine jeweilige Menge von Anzapfdampf A₁, A₂ der Vorwärmanrichtung 15, respektive den Wärmetauschern 23A, 23B zur Vorwärmung von Kondensat K zuführbar.

Eine Bypassleitung 17 umführt die Vorwärmeinrichtung 15, wobei die Bypassleitung an einer Trennstelle 47 von der Kondensatleitung 13 abzweigt, die Vorwärmeinrichtung 15 umführt und stromabwärts der Vorwärmeinrichtung 15 an einer Mischstelle 48 wieder in die Kondensatleitung 13 einmündet. In die Bypassleitung 17 ist ein Regelventil 21 zur Regelung eines die Vorwärmeinrichtung 15 umführenden Teilstroms K_2 , im Folgenden als zweiter Teilstrom K_2 bezeichnet, vorgesehen. Das Regelventil 21 weist einen Stellmotor 33 auf, über den die gewünschte Ventilstellung des Regelventils 21 und damit der erste Teilstrom K_1 einstellbar ist. An der Trennstelle 47 ist hierdurch das über die zweite Pumpe 43 aus dem Speisewasserbehälter 45 geförderte Kondensat K in einen ersten Teilstrom K_1 und einen zweiten Teilstrom K_2 aufteilbar, wobei der erste Teilstrom K_1 über die Kondensatleitung 13 der Vorwärmeinrichtung 15 zugestellt wird und der zweite Teilstrom K_2 die Vorwärmeinrichtung 15 über die Bypassleitung 17 umführt, so dass die Vorwärmeinrichtung 15 lediglich mit dem ersten Teilstrom K_1 des Kondensats K beaufschlagt ist.

20

In Strömungsrichtung des Kondensats K ist nach der Trennstelle 47 in der Kondensatleitung 13 ein über einen Stellmotor 33 einstellbares Schiebeventil 37 geschaltet, welches im normalen Betriebszustand offen ist. Parallel zu dem Schiebeventil 37 ist eine von der Bypassleitung 17 zu der Kondensatleitung 13 geschaltete Zweigleitung 55 geschaltet, die ein Schwachlast-Regelventil 35 mit einem Stellelement 35A aufweist. Das Regelventil 35 ist im Normalbetrieb geschlossen, so dass kein Kondensat K über die Zweigleitung 55 gelangt. Das Schwachlast-Regelventil 35 ist lediglich für den Schwachlastfall vorgesehen, wobei dann das Schiebeventil 37 geschlossen ist und über das Stellelement 35A des Regelventils 35 eine entsprechend der Lastanforderung geringe Menge an Kondensat K über die Zweigleitung 55 zu der Vorwärmeinrichtung 15 gelangt.

35

Weiter ist der Vorwärmeinrichtung 15 eine über eine Schnellschlussarmatur 25 aktivierbare Umführungsleitung 27 parallel geschaltet. Eine jeweilige Schnellschlussarmatur 25 ist hierbei stromaufwärts und stromabwärts der Vorwärmeinrichtung 15 an die Kondensatleitung 13 angeschlossen. Die Schnellschlussarmatur 25 ist über einen Aktuator 31 zwischen zwei Einstellungen in kurzer Zeit schaltbar. Die Armatur 25 ist hierzu als Dreiwege-Armatur ausgestaltet, wobei im normalen Betriebszustand die Umführungsleitung 27 geschlossen, d.h. nicht aktiviert ist. Kondensat K strömt dabei in einem ersten Teilstrom K_1 durch die Vorwärmeinrichtung 15 und in einem zweiten Teilstrom K_2 über die Bypassleitung 17. In einem Schnellschlussfall wird die Schnellschlussarmatur 25 über den Aktuator 31 aktiviert, wobei die Umführungsleitung 27 freigeschaltet und der Kondensatstrom über die Kondensatleitung 13 durch die Vorwärmeinrichtung 15 unterbrochen wird. Im Schnellschlussfall wird demnach die Vorwärmeinrichtung 15 total umführt, d.h. kein Kondensat K der Vorwärmeinrichtung 15 zugestellt und damit vorgewärmt. Die aktivierbare Umführungsleitung 27 dient zur Umführung und damit Absicherung der Vorwärmeinrichtung 15, insbesondere der Heizflächen der Wärmetauscher 23A, 23B.

Beim Betrieb der Dampfkraftanlage 1 wird im Kessel 3 erzeugter Nutzdampf D über die Dampfleitung 49 der Turbine 5 zugeführt, wo er sich arbeitsleistend entspannt. Die Turbine 5 ist hierbei vereinfacht dargestellt, kann aber aus mehreren nicht näher dargestellten Teilturbinen, beispielsweise einer Hochdruck-Teilturbine, einer Mitteldruck-Teilturbine und einer Niederdruck-Teilturbine bestehen. Der auf niedrigen Druck entspannte Dampf D wird über die Abdampfleitung 51 dem Kondensator 7 zugeführt und kondensiert dort zu Kondensat K. Das Kondensat K wird über die Kondensatleitung 13 mittels der ersten Pumpe 41 in den Speisewasserbehälter 45 befördert und dort gesammelt. Aus dem Speisewasserbehälter 45 wird dem Kessel 3 mittels der zweiten Pumpe 43 über die Vorwärmeinrichtung 15 vorgewärmtes Kondensat K als Kesselspeisewasser S zu-

geführt, so dass ein geschlossener Wasser-Dampf-Kreislauf entsteht. Die in der Turbine 5 gewonnene Nutzarbeit wird über die rotierende Welle 57 an einen an die Welle 57 angekoppelten Generator 39 übertragen und in elektrische Energie umgewandelt.

Zur bedarfsweisen Leistungserhöhung der Turbine 5 wird zur Kondensatvorwärmung das Kondensat K in einen ersten Teilstrom K_1 und einen zweiten Teilstrom K_2 aufgeteilt, wobei lediglich der erste Teilstrom K_1 vorgewärmt, und der zweite Teilstrom K_2 dem vorgewärmten ersten Teilstrom K_1 wieder zugemischt wird. Die Aufteilung des Kondensats K in den ersten Teilstrom K_1 und den zweiten Teilstrom K_2 erfolgt dabei an der Trennstelle 47, wobei der zweite Teilstrom K_2 die Vorwärmanrichtung 15 über die Bypassleitung 17 umführt. Der erste Teilstrom K_1 wird mittels Anzapfdampf A_1 , A_2 aus der Turbine 5 vorgewärmt. Die Vorwärmung des ersten Teilstroms K_1 erfolgt in zwei Stufen 9A, 9B, wobei der erste Teilstrom K_1 auf eine Temperatur von etwa 280 °C bei einem Druck von 300 bar vorgewärmt wird. An der Mischstelle 48 wird der erste Teilstrom K_1 mit dem zweiten Teilstrom K_2 vermischt, wobei sich eine Mischungstemperatur von 210 °C bis 250 °C, insbesondere von 220 °C bis 240 °C einstellt. Die Aufteilung der Teilströme K_1 , K_2 erfolgt beispielsweise derart, dass der erste Teilstrom K_1 etwa 40 % des gesamten Kondensatstroms und der zweite Teilstrom K_2 entsprechend etwa 60 % des gesamten Kondensatstroms vor der Trennstelle 47 ausmacht. Die Aufteilung der Teilströme K_1 , K_2 erfolgt dabei gesteuert oder geregelt über das Regel- oder Dosierventil 21, welches mittels des Stellmotors 33 in der Ventilposition genau einstellbar ist. Auf diese Weise erfolgt eine dosierte Umführung der Vorwärmanrichtung 15 über die Bypassleitung 17, wobei ein entsprechend geringerer Bedarf an Anzapfdampf A_1 , A_2 zur Vorwärmung des ersten Teilstroms K_1 in der Vorwärmanrichtung 15 zu verzeichnen ist. Durch die gegenüber herkömmlichen Anlagenkonzepten geringere Entnahme von Anzapfdampf A_1 , A_2 durch die gezielte und dosierte Umführung der Vorwärmanrichtung 15 steht ein entspre-

chend größerer Massenstrom an Dampf D zur Arbeitsleitung in der Turbine 5 zur Verfügung. Durch die Aufteilung in zwei Teilströme K_1 , K_2 wird somit die Möglichkeit einer bedarfsweisen Leistungserhöhung bis zur Kesselreserve (nicht Sekundenreserve) der Dampfkraftanlage 1 erreicht, ohne den Frischdampfdruck über den Auslegungswert anheben zu müssen. Überdies ist die Temperatur T_s des dem Kessel 3 zugeführten Kesselspeisewassers S über die Mischung des ersten Teilstroms K_1 und des zweiten Teilstroms K_2 an der Mischstelle 48 genau einstellbar und erforderlichenfalls variierbar, wobei beispielsweise eine Kesselspeisewassertemperatur T_s von 210 °C bis 250 °C bei einem Druck von 300 bar im Bedarfsfall vorgeesehen wird. Die Entnahme von Anzapfdampf A_1 , A_2 aus der Turbine 5 erfolgt dabei vorteilhafterweise selbstregulierend, durch die Kopplung des ersten Teilstroms K_1 mit dem Anzapfdampf A_1 , A_2 über die Wärmetauscher 23A, 23B. Je größer der erste Teilstrom K_1 eingestellt wird, desto größer ist die Entnahme von Anzapfdampf A_1 , A_2 zur Vorwärmung, um eine gewünschte Temperatur des ersten Teilstroms K_1 nach durchströmen der Vorwärmeinrichtung 15 zu erreichen. Üblicherweise ist im thermischen Gleichgewicht die Temperatur des ersten Teilstroms K_1 nach Durchlaufen der Wärmetauscher 23A, 23B etwa gleich der Temperatur des Anzapfdampfs A_1 , A_2 , also beispielsweise etwa 280 °C bei einem Druck von 300 bar. Nach der Zumischung des nicht vorgewärmten zweiten Teilstroms K_2 zu dem ersten Teilstrom K_1 an der Mischstelle 48 stellt sich entsprechend der Teilungsverhältnisse der Teilströme K_1 , K_2 und der Temperaturniveaus die Mischungstemperatur automatisch ein. Diese Mischungstemperatur ist zugleich die Vorwärmtemperatur T_s des Kesselspeisewassers S. Die Vorwärmtemperatur T_s ist gegenüber den herkömmlichen Dampfkraftanlagen entsprechend verringert, wobei allerdings eine Leistungserhöhung der Turbine 5 durch den geringeren Wärmeverbrauch zur Vorwärmung des Kondensats K erreicht ist. Dabei stellt sich insbesondere ein deutlich effizienterer Wärmeverbrauch ein als bei einer üblicherweise zur Leistungserhöhung durchgeführten Totalumführung der Vorwärmeinrichtung 15. Mit dem Konzept der Erfin-

5 dung wird es möglich, durch eine Teildurchströmung der Vor-
wärmeinrichtung 15 eine Leistungserhöhung der Turbine herbei-
zuführen, ohne dass die Lebensdauer der Komponenten der Vor-
wärmeinrichtung 15, beispielsweise die Heizflächen der Wärme-
tauscher 23A, 23B, eingeschränkt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Dampfkraftanlage (1), wobei in einem Kessel (3) erzeugter Dampf (D) nach dem Durchströmen
5 wenigstens einer Turbine (5) in einem Kondensator (7) niedergeschlagen wird, das gewonnene Kondensat (K) vorgewärmt und dem Kessel (3) als Kessel-Speisewasser (S) wieder zugeführt wird, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass zur Kondensatvorwärmung das Kondensat (K) in einen ersten Teil-
10 strom (K_1) und einen zweiten Teilstrom (K_2) aufgeteilt, lediglich der erste Teilstrom (K_1) vorgewärmt, und der zweite Teilstrom (K_2) dem vorgewärmten ersten Teilstroms (K_1) wieder zugemischt wird.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der erste Teilstrom (K_1) mit Anzapfdampf (A_1, A_2) aus der Turbine (5) vorgewärmt wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der erste Teilstrom (K_1) in mindestens zwei Stufen (9A, 9B) vorgewärmt wird.
- 25 4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass bei der Mischung der Teilströme (K_1, K_2) eine Vorwärmtemperatur (T_s) des Kessel-Speisewassers (S) von 210°C bis 250°C, insbesondere von 220°C bis 240°C, eingestellt wird.
- 30 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der erste Teilstrom (K_1) und der zweite Teilstrom (K_2) im Verhältnis 0,4 bis 0,8, insbesondere im Verhältnis 0,6 bis 0,7, auf-
35 teilt werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Auf-
teilung der Teilströme (K_1, K_2) gesteuert oder geregelt durch-
geführt wird.

5

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass nach der
Mischung der Teilströme (K_1, K_2) das Gemisch als Kessel-
Speisewasser (S) einem fossilbefeuerten Dampferzeuger zuge-
führt wird.

10

8. Dampfkraftanlage (1) zur Durchführung des Verfahrens nach
einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend einen Kessel
(3) zur Erzeugung von Dampf (D), wenigstens eine Turbine (5),
einen der Turbine (5) abdampfseitig nachgeschalteten Konden-
sator (7), eine Kondensatleitung (13) zur Rückführung des
Kondensats (K) zum Kessel (3) und eine in die Kondensatlei-
tung (13) geschaltete Vorwärmeinrichtung (15) zum Vorwärmen
von Kondensat (K)

15

dadurch gekennzeichnet, dass
eine die Vorwärmeinrichtung (15) umführende Bypassleitung
(17) vorgesehen ist, so daß die Vorwärmeinrichtung (15) le-
diglich mit einem ersten Teilstrom (K_1) des Kondensats (K)
beaufschlagbar ist.

20

25

9. Dampfkraftanlage nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, daß die Vor-
wärmeinrichtung (15) über eine Anzapfleitung (19A, 19B) mit
der Turbine (5) verbunden ist.

30

10. Dampfkraftanlage nach Anspruch 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet, daß die By-
passleitung (17) ein Regelventil (21) zur Regelung eines die
Vorwärmeinrichtung (15) umführenden zweiten Teilstroms (K_2)
des Kondensats (K) aufweist.

35

11. Dampfkraftanlage nach Anspruch 8, 9 oder 10,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die By-
passleitung (17) stromab der Vorwärmeinrichtung (15) in die
Kondensatleitung (13) mündet.

5

12. Dampfkraftanlage (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 11,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Vor-
wärmeinrichtung (15) mindestens einen Wärmetauscher
(23A,23B), insbesondere einen Hochdruck-Vorwärmer, aufweist.

10

13. Dampfkraftanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 12,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Vor-
wärmeinrichtung (15) eine über eine Schnellschlussarmatur
(25) aktivierbare Umführungsleitung (27) parallel geschaltet
15 ist.

1/1

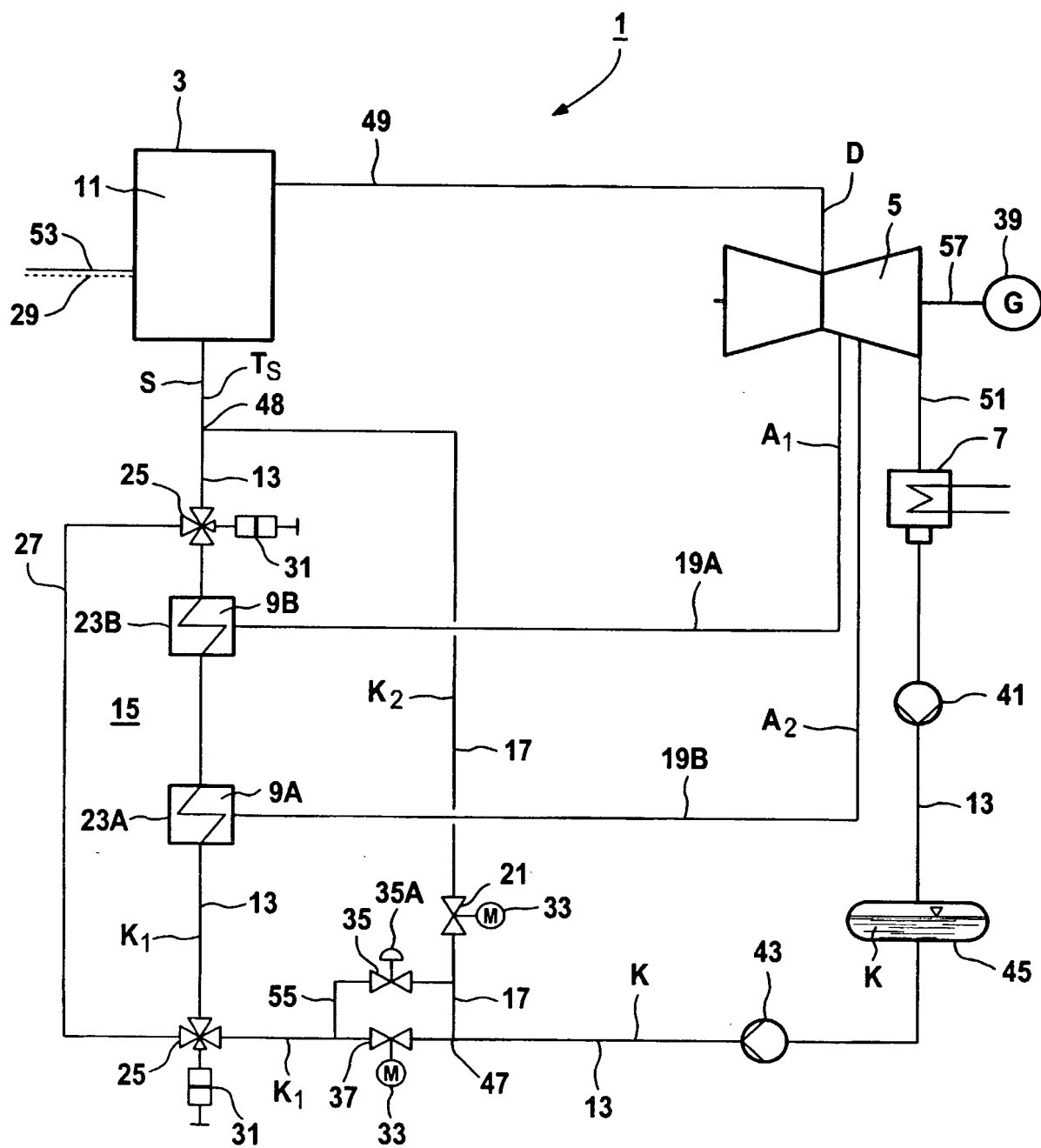


Fig 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 02/02023

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F01K7/40

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F01K F22D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 1 396 379 A (ALSTHOM) 28 July 1965 (1965-07-28) the whole document	1-3,6
X	US 5 045 272 A (LYMAN WALTER G ET AL) 3 September 1991 (1991-09-03) column 2, line 9 - line 68; figure 1	1,2,6, 8-12
X	FR 2 551 181 A (GEN ELECTRIC) 1 March 1985 (1985-03-01) page 6, line 13 -page 7, line 17; figures	1-3,6, 8-12
X	DE 18 11 008 A (BROWN BOVERI) 2 April 1970 (1970-04-02) page 3, paragraph 2 -page 5, paragraph 3; figures	1-3,6, 8-12

	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 July 2002

Date of mailing of the international search report

12/07/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Van Gheel, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 02/02023

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 482 635 C (BROWN BOVERI) 17 September 1929 (1929-09-17) the whole document ---	1-3, 6, 8-12
A	FALGENHAUER G: "BEITRAGSMOEGlichkeiten DER SPEISEWASSER-, KONDENSAT- UND ANZAPFDAMPFSTROEME ZUR SCHNELLEN LEISTUNGSÄNDERUNG FOSSIL BEFEUERTER KRAFTWERKSBLöCKE" VGB KRAFTWERKTECHNIK, DE, VGB KRAFTWERKTECHNIK GMBH, ESSEN, vol. 60, no. 1, 1980, pages 18-23, XP000670759 ISSN: 0372-5715 page 19, right-hand column, paragraph 2; figure 13 page 21, left-hand column ---	1-4, 6-13
A	DE 21 64 631 A (BABCOCK & WILCOX AG) 5 July 1973 (1973-07-05) claim 1; figure 1 -----	13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/02023

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 1396379	A	23-04-1965	NONE	
US 5045272	A	03-09-1991	BE 1004376 A3 BR 9100609 A ES 2025015 A6 JP 2943880 B2 JP 7092296 A	10-11-1992 29-10-1991 01-03-1992 30-08-1999 07-04-1995
FR 2551181	A	01-03-1985	US 4841722 A FR 2551181 A1 GB 2145477 A , B JP 1674413 C JP 3039166 B JP 60104705 A NL 8402592 A	27-06-1989 01-03-1985 27-03-1985 26-06-1992 13-06-1991 10-06-1985 18-03-1985
DE 1811008	A	02-04-1970	CH 488099 A DE 1811008 A1 ES 371333 A1 FR 2016921 A5 NL 6817712 A	31-03-1970 02-04-1970 16-10-1971 15-05-1970 13-03-1970
DE 482635	C	17-09-1929	NONE	
DE 2164631	A	05-07-1973	DE 2164631 A1	05-07-1973

0

0